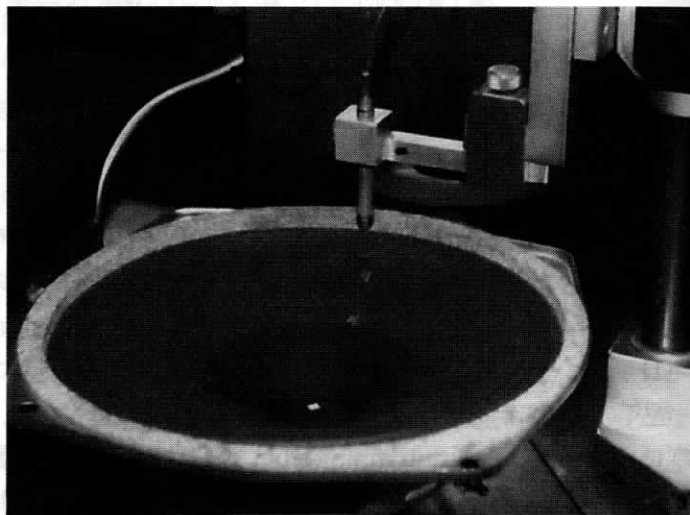
連載 オーディオ計測の散歩道

2音法を利用したオーディオ測定

（4） コーン抵の振動状態を観測する

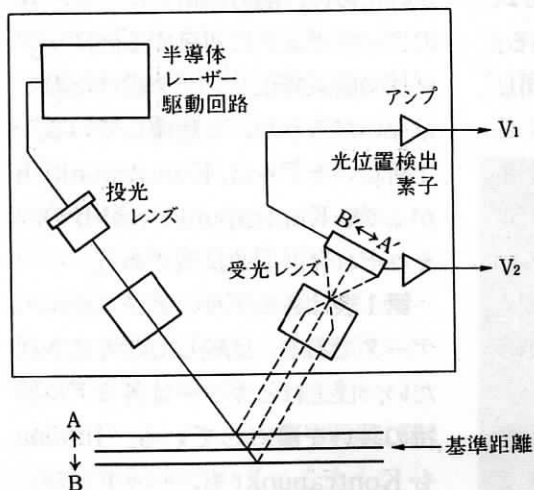
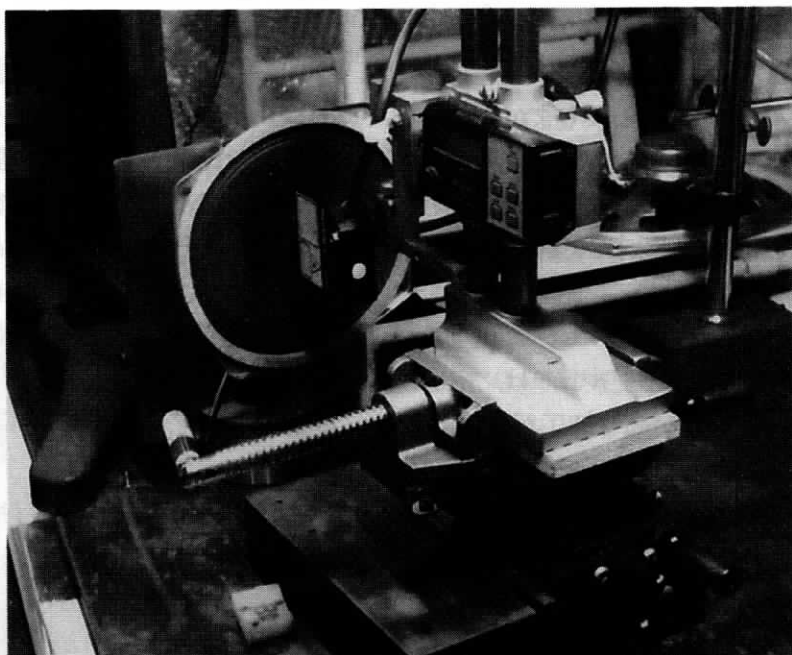
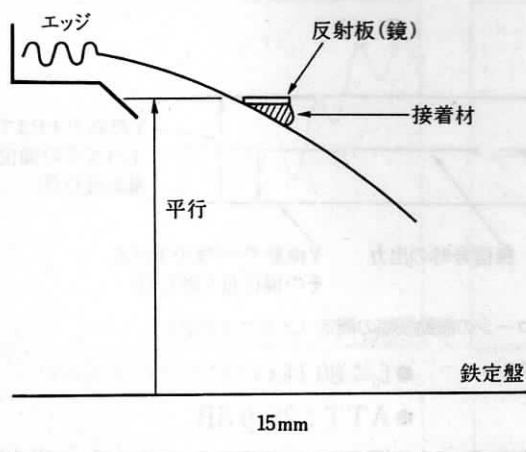
■小倉幸一■

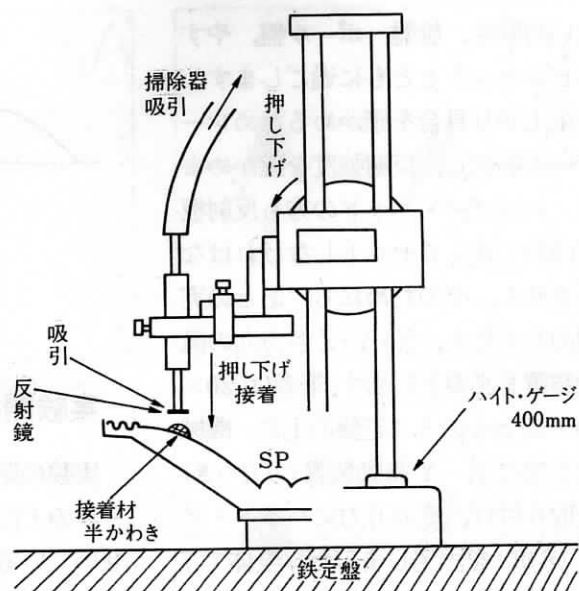
●コーン面の3点の振動をレーザー変位計で計測．白いのが反射鏡

前号でスピーカとMICで実験をしてきました．マイクのレスポンスは多くの情報を含んでしまっているので，コーンそれ自体のレスポンスを見るというわけにはいきません．今月はレーザー変位計を使ってそのレスポンスを見てみます．

この散歩道で変位計を使い始めたのは2001年3月号からでした．3月号では“MFB作用がムービング・コイルまでである”ということから，その先コーンの動態を調べる実験に使いました．今月はこの実験の延長線上の実験，信号源が変わっただけのこの2音法ですが，結果やいかにと，準備段階からソワソワしています．

レーザー変位計の動作

そのときは実験結果に重点をおいた記述でしたので，ここで変位計についてお話をしておきます．

基本原理はレーザー光（ビーム）を物体に当て，その反射光をピックアップする構造ですが，反射体との距離（間隔）が変わると，反射光を受ける光位置検出素子上でのレーザー・スポットの位置が変化します．この移動によって生ずる電気信号をディジタル信号に変換し，CPUを使っ

〈第1図〉レーザー変位計の動作原理

●レーザー変位計に今回の測定システムの全景

◀〈第2図〉コーンの一部に反射板を接着する. 水平を保つことが重要

〈第3図〉▶ 反射鏡はハイト・ゲージを使って接着した

て対象物の変位量として表示する仕組みです.

筆者の使っている変位計の原理図を, 取扱説明書からピックアップして**第1図**に示しました.

構造は, センサ部とコントローラ部とに分かれます. センサは2個あり, 単独にも使えます. といっても, 出力は1つですから, 独立2チャネルというわけではありません. 単に片方を遊ばしておく, ということだけです.

この2ヘッド(センサー)の特徴は両者の信号の和・差がとれるということです. 機械的な応用としては,

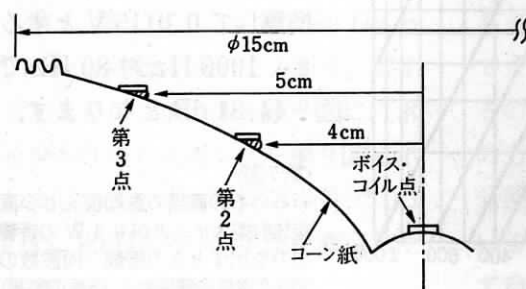
① 段差を測る
② 厚みを測る(ノギス的に両面からレーザー光をはさむ)

オーディオ的には,

(1) コーン振動とキャビネット各部の振動パターンや位相(時間おくれ)変化をみる
(2) コーン各部の振動をVCの振動を基準としてみる
(3) その他

その他応用に役立つ機能として, 対象物の間隔が30 mmと長くとれることです. これは特にコーンの振動を見るのに便利です. 前の機種はこれが10 mmだったため, ボイス・コイルに近づくことができませんでした. この機能(?)だけで買い換えました. またこのとおり, サンプリング周波数が50 kHzであることも大きな理由です. 仕様の一部を**第1表**に挙げておきます.

測定システムの設定

メカ測定は, 測定器を購入すればすべてOK, といかないところがやっかいでもあるし, また一面楽しいところでもあります.

項目	内容
測定範囲	±0.5 mm
動作距離	30 mm
光源波長	670 μm
スポット径	30×30 μm
分解能	0.02 μm
サンプリング周波数	50 kHz
最高応答周波数	20 kHz
応答時間	100 μs
平均回数	1〜131×10³回
アナログ出力	±10 V (出力 Z=0)

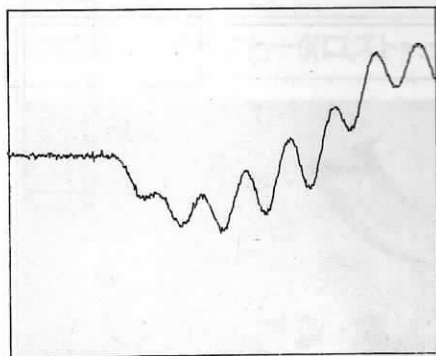
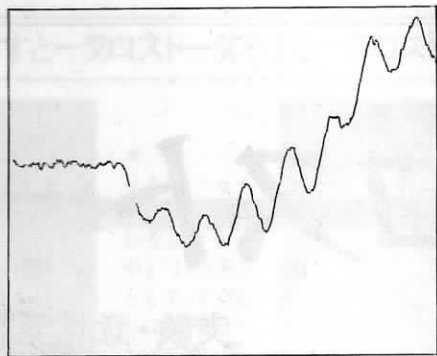
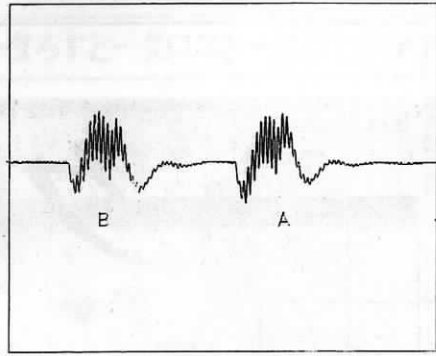
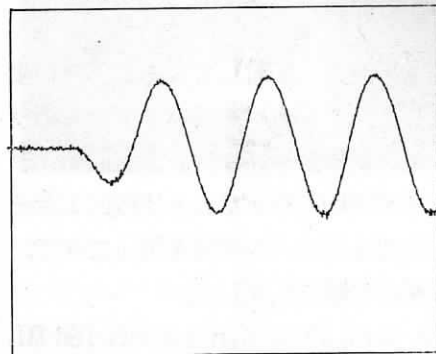
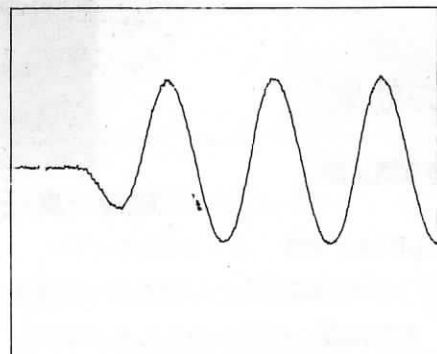
▲〈第1表〉使用したレーザー変位計のおもな仕様

スピーカ関連では, 前述の変位計でだいぶ楽にはなりましたが, 大事(?)が待っています. それは, レーザー光がコーン紙からは反射してこないということです. 2つの理由があります. 1つは反射率が悪いということ, もう1つは振動方向に対して反射面が傾斜していること, です. この両者を一度に解決する方法がコーン紙に反射面をつくることです.

ここからが楽しい工作の時間です. 基本的には, **第2図**のとおり反射面を水平に正しく取り付けることです. この“正しく”が曲者です. 01年3月号ではボイス・コイルとエッジのみでしたから, 鏡面紙も比較的取り付けやすかったのですが, 今回はそうは問屋が卸しません.

ならばこちらもと, **第3図**の方法を案出しました. スピーカのマグネットをそのまま使って水平の鉄定盤に吸着させ, ハイト・ゲージのけがき部を改造して(拡大図参照)1.5 mm角の反射板を吸引保持, コーン紙につけた接着剤へ軽く押しつけ, 固定する……. もちろん反射板(鏡)は水平に保つ.

こんな楽しくも, 直接は音と関係

◀〈第4図〉反射板のとりつけ位置

〈第8図A〉P2点での1kHzの応答

〈第9図A〉P3点での1kHzの応答

〈第10図A〉1kHzバースト2波の応答

〈第8図B〉P2点での80Hzの応答

〈第9図B〉P3での80Hzの応答

〈第10図B〉B音とA音の応答のちがい

〈第10図C〉上図とは立ち上がり傾斜の異なるB音に対する応答

小数以下は単なる計算結果ですから,気にしないで先に進みましょう.

そもそもスピーカの周波数対振幅は理論的に解析されています.**第7図**に1954年代と1960年代に出版されている文献から引用した図を示しました.基本法則は周波数比の2乗に反比例するということですから,周波数が2倍になると1/4の振幅になる,ということです.これを実験に当てはめてみると,

$(1000/80)^2=156.3=43.9$ dB

となります.してみると,100倍以上の比も正しい結果ということができます.

さて,このスピーカ・センターのボイス・コイルの動きは,コーン周辺部にこのとおり伝わっていくのでしょうか.

第2,第3ポイントでの80Hzと1kHzとの比を求めてみます.ポイント2のレスポンスを**第8図**に,ポイント3のレスポンスを**第9図**に示しました.いずれも同じ条件での1kHz,80Hzバースト波を測定したものです.

信号源はA音を使いました.80Hzの立上がり(下がり)がなまって見えるのは,共振現象の典型的パターンです.1kHzは傾斜波形の上に乗っていますが,これは1kHzON時のトランジェント・レスポンス(80Hz)です.ただし1kHzは,ボイス・コイルのときと同様20dB強くしてあります.

これらのP—P値を測り,比較するわけですが,1kHzは波形から得られた値を,当然ながら1/10にします.こうして得られた1kHz,80Hzの比較dB値は,

ポイント2:41.6dB

ポイント3:39dB

です.両者の2.6dB程度の差は1kHzの変化するP—P値のどこを使うかによって違ってきますから,あまり気にするところではなさそうです.それよりも,はっきりしているのは,80Hzの振幅がポイント3の方が大きいということです.ただ分割振動しない周波数で動かされているコーンの振幅が,エッジに向って自然に収束していくのでない(とみえる)のに興味をひかれました.

全体の振動パターンを概観するのにはホログラムによるパターン再現がありますから,これを参考に波形(位相)で追ってみたいとも思いました.

(2) 1kHzバーストに対する応答

上の測定で1kHzが傾斜波形の上に乗っていましたが,1kHzバーストの立上がり(下がり)の変化にどう応答するかが気になりましたので,つぎにB音を主役に実験を始めました.結果だけを**第10図**に示しましょう.信号原波形も入れておきましたから,一目瞭然でしょう.先行をB音とし,A音は参考までにB音の後に入れておきました.